



⑳ Aktenzeichen: P 34 13 914.1
㉔ Anmeldetag: 13. 4. 84
㉕ Offenlegungstag: 24. 10. 85

㉚ Anmelder:

Pipeline Engineering Gesellschaft für Planung, Bau-
und Betriebsüberwachung von Fernleitungen mbH,
4300 Essen, DE

㉛ Vertreter:

Zenz, J., Dipl.-Ing., 4300 Essen; Helber, F., Dipl.-Ing.,
Pat.-Anw., 6144 Zwingenberg

㉜ Erfinder:

Cvetkovic, Nebojsa, Dipl.-Phys., 4630 Bochum, DE

⑤⑤ Recherchenergebnisse nach § 43 Abs. 1 PatG:

DE-AS	15 98 467
DE-OS	29 47 642
US	41 46 799

⑤④ Verfahren und Anordnung zur Bestimmung der absoluten Feuchtigkeit von Gasen

Bei einem derartigen Verfahren bzw. einer derartigen Anordnung wird ein Laserstrahlbündel innerhalb eines vorgegebenen Frequenzspektrums emittiert und in ein das zu untersuchende Gas durchdringendes Meßstrahlenbündel und in ein Referenzstrahlenbündel aufgespalten. Die Intensitäten dieser Teilstrahlenbündel und die Intensität der aus dem zu untersuchenden Gas reflektierten Strahlung werden über Detektoren gemessen, einem Rechner zugeführt und abhängig von einem Vergleich der Intensitätsmeßwerte die Absorption des zu untersuchenden Gases in einem für Wasser charakteristischen Frequenzbereich und in Abhängigkeit davon die absolute Feuchtigkeit bestimmt. Das Meßstrahlenbündel wird zur Abtastung eines Flächensektors quer zur Meßstrahlentransmissionsrichtung über eine Scannereinrichtung zyklisch bewegt und die bewegten Transmissions- und Reflexionsstrahlenbündel nach deren Austritt aus dem zu untersuchenden Gas über Detektoren aufgefangen und die Meßwerte dem Rechner zugeführt.

Pipeline Engineering
Gesellschaft für Planung, Bau-
und Betriebsüberwachung von Fernleitungen mbH

3413914

A n s p r ü c h e

=====

- (1.) Verfahren zur Bestimmung der absoluten Feuchtigkeit von Gasen, wobei ein Laserstrahlbündel innerhalb eines vorgegebenen Frequenzspektrums emittiert und in ein das zu untersuchende Gas durchdringendes Meßstrahlenbündel und in ein Referenzstrahlenbündel aufgespalten wird, die Intensitäten der Teilstrahlenbündel gemessen und abhängig von einem Vergleich der Intensitätsmeßwerte die Absorption des zu untersuchenden Gases in einem für Wasser charakteristischen Frequenzbereich bestimmt wird,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
daß zusätzlich die Intensität der aus dem zu untersuchenden Gas reflektierten Strahlung meßtechnisch erfaßt und bei der Bestimmung der Absorption berücksichtigt wird und daß das Meßstrahlenbündel zur Abtastung eines Flächensektors quer zur Meßstrahlentransmissionsrichtung zyklisch bewegt wird und die bewegten Transmissions- und Reflexionsstrahlenbündel nach deren Austritt aus dem zu untersuchenden Gas aufgefangen und zur Bestimmung der durch Wassermoleküle absorbierten Strahlungsenergie und in Abhängigkeit davon der absoluten Feuchtigkeit ausgewertet werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das transmittierte Meßstrahlenbündel und das Referenzstrahlenbündel innerhalb des Frequenzspektrums der laseremittierten Strahlung frequenzselektiert und die Absorptionsmeßwerte für

mehrere, für den Wassergehalt typische Spektrallinien in einem Rechner ausgewertet werden.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß bei der Untersuchung eines strömenden Gases, insbesondere eines Erdgases, das Meßstrahlenbündel während eines Meßzyklus in Strömungsrichtung des Gases bewegt wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß das Meßstrahlenbündel während eines Meßzyklus von einem Ende zum entgegengesetzten Ende des Abtastsektors parallel verschoben und danach sprungartig zum einen Ende zurückgestellt wird.
5. Verfahren nach den Ansprüchen 3 und 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Strömungsgeschwindigkeit des Gases gemessen und die Bewegung des Meßstrahlenbündels so gesteuert wird, daß seine Bewegungsgeschwindigkeit im wesentlichen gleich der Strömungsgeschwindigkeit des Gases ist.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Phasenverschiebung der transmittierten Strahlungsenergie des Meßstrahlenbündels gegenüber derjenigen des Referenzstrahlenbündels laufend gemessen, daraus die Ist-Dichte des untersuchten Gases bestimmt, mit einer vorbestimmten Dichte des untersuchten Gases verglichen und als Kontrollgröße für die absolute Feuchtigkeit des untersuchten Gases verwendet wird.
7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß ein Teil des transmittierten Meßstrahlenbündels abgespalten und mit einem Referenzstrahlenbündel zur Bestimmung der Phasenverschiebung zur Interferenz gebracht wird.

8. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Phasenlagen der transmittierten Meßstrahlung und der Referenzstrahlung einzeln gemessen und in einem Rechner zur Bestimmung der Dichte des untersuchten Gases miteinander verglichen werden.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß bei der Untersuchung eines unter Druck stehenden Gases der Druck und gegebenenfalls die Temperatur des Gases gemessen und daß die Druck- und Temperaturwerte zur Kompensation der Druckverbreiterung der wasserspezifischen Spektrallinien bei der Bestimmung der absoluten Feuchtigkeit in einem Rechner berücksichtigt werden.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß eine gepulste Laserstrahlung in einem Emissionsspektralbereich von 2,63 bis 2,7 μm erzeugt wird.

11. Verwendung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 10 bei der Prozeßsteuerung zur Trocknung von Erdgas.

12. Anordnung zur Bestimmung der absoluten Feuchtigkeit von Gasen mit einem innerhalb eines vorgegebenen Frequenzspektrums emittierenden Laser, wenigstens einem Strahlenteiler zum Aufspalten des Laserstrahlbündels in ein Meßstrahlenbündel und ein Referenzstrahlenbündel, wobei das Meßstrahlenbündel auf eine das zu untersuchende Gas enthaltende Meßkammer gerichtet wird und das Gas durchdringt, ferner mit einer Detektoranordnung zur Messung der Intensitäten der das Gas durchdringenden Strahlung und der Referenzstrahlung und mit einem Rechner zur Bestimmung der absoluten Feuchtigkeit in Abhängigkeit von den Intensitätsmeßwerten, insbesondere nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß im Strahlengang des Meßstrahlenbündels (20) zwischen dem Strahlenteiler (16) und der

Meßkammer (15) eine Scannereinrichtung (2) angeordnet ist, die das Meßstrahlenbündel (20) quer zum Meßstrahlengang derart ablenkt, daß es (20) einen vorgegebenen Flächensektor der Meßkammer (15) periodisch abtastet und daß der Strahlengang der aus der Meßkammer reflektierten Strahlung über die Scannereinrichtung (2) verläuft und auf einen weiteren, die Intensität der reflektierten Strahlung erfassenden Detektor (9) gerichtet ist, der mit dem Rechner (7) verbunden ist.

13. Anordnung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß im Strahlengang des aus der Meßkammer (15) austretenden Transmissionsstrahlenbündels eine Übertragungsvorrichtung (3) angeordnet ist, die das bewegte Transmissionsstrahlenbündel auf einen Transmissionsstrahlendetektor (10) richtet.

14. Anordnung nach Anspruch 12 oder 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Scannereinrichtung (2) so ausgebildet ist, daß sie das Meßstrahlenbündel (20) innerhalb des Flächensektors parallel verschiebt.

15. Anordnung nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Scannereinrichtung (2) einen im Meßstrahlengang (20) angeordneten, umlaufenden Mehrflächenspiegel (26) und einen auf den Mehrflächenspiegel gerichteten Parabolspiegel (25) aufweist, wobei der Brennpunkt des Parabolspiegels im wesentlichen mit der Reflexionsstelle des Mehrflächenspiegels (26) zusammenfällt, so daß die vom Parabolspiegel reflektierten Strahlen parallel verlaufen.

16. Anordnung nach einem der Ansprüche 12 bis 15 zur Bestimmung der absoluten Feuchtigkeit eines strömenden Gases, dadurch gekennzeichnet, daß die Scannereinrichtung (2) von einer die Strömungsgeschwindigkeit des Gases in der vorzugsweise rohrförmigen Meßkammer (15) messenden Vorrichtung (5) derart

gesteuert ist, daß das die Meßkammer durchdringende Meßstrahlenbündel (20) in Strömungsrichtung mit einer der Strömungsgeschwindigkeit des Gases entsprechenden Geschwindigkeit zyklisch bewegt wird.

17. Anordnung nach einem der Ansprüche 15 und 16, dadurch gekennzeichnet, daß die Umlaufgeschwindigkeit des Mehrflächenspiegels (26) proportional zum Ausgangssignal der Strömungsmeßvorrichtung (5) gesteuert ist.

18. Anordnung nach einem der Ansprüche 13 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß die Übertragungsvorrichtung (3) zwei gegeneinander gerichtete Parabolspiegel (27, 28) aufweist, deren Brennpunkte koinzidieren.

19. Anordnung nach einem der Ansprüche 12 bis 18, dadurch gekennzeichnet, daß der Strahlenteiler (16) eine das vom Laser (1) emittierte Strahlenbündel aufspaltende teilreflektierende Vorderseite und eine das aus der Scannereinrichtung (2) austretende Reflexionsstrahlenbündel total reflektierende Rückseite hat und daß der Reflexionsstrahlendetektor (9) im Reflexionsstrahlengang hinter der totalreflektierenden Strahlenteilerfläche angeordnet ist.

20. Anordnung nach einem der Ansprüche 12 bis 19, dadurch gekennzeichnet, daß im Referenzstrahlengang (21) und im Transmissionsmeßstrahlengang (20) jeweils eine Frequenzselektionsvorrichtung (24, 24') angeordnet ist und daß die beiden Frequenzselektionsvorrichtungen (24, 24') derart miteinander gekoppelt sind, daß sie jeweils frequenzsynchron selektieren.

21. Anordnung nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, daß die Frequenzselektionsvorrichtungen Rotationsinterferenzfilter (24, 24') sind, deren jeweiligen Einstellungen und Drehge-

schwindigkeiten übereinstimmen.

22. Anordnung nach einem der Ansprüche 12 bis 21, dadurch gekennzeichnet, daß im Transmissionsmeßstrahlengang (20) und im Referenzstrahlengang (21) jeweils ein Strahlenteiler (18, 17) zur Abspaltung jeweils eines Teilstrahlenbündels angeordnet ist und daß die abgespaltenen Strahlenbündel einer deren Phasendifferenz messenden Meßvorrichtung (19, 11) zugeführt werden.

Pipeline Engineering
Gesellschaft für Planung, Bau- und
Betriebsüberwachung von Fernleitungen mbH
Kallenbergstraße 5, D-4300 Essen 1

Verfahren und Anordnung zur Bestimmung der absoluten Feuchtigkeit von Gasen

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Bestimmung der absoluten Feuchtigkeit von Gasen, wobei ein Laserstrahlbündel innerhalb eines vorgegebenen Frequenzspektrums emittiert und in ein das zu untersuchende Gas durchdringendes Meßstrahlenbündel und in ein Referenzstrahlenbündel aufgespalten wird, die Intensitäten der Teilstrahlenbündel gemessen und abhängig von einem Vergleich der Intensitätsmeßwerte die Absorption des zu untersuchenden Gases in einem für Wasser charakteristischen Frequenzbereich bestimmt wird. Ferner bezieht sich die Erfindung auf eine Anordnung zur Durchführung dieses Verfahrens.

Die Bestimmung der absoluten Feuchtigkeit eines Gases bzw. Gasgemisches erfolgt in der Praxis nach verschiedenen Meßprinzipien. Hierzu gehören die Leitfähigkeitsmessung, die Quarzschwingungsanalyse und die Messung der Kapazitätsänderung eines Kondensators. Keines dieser bekannten Meßverfahren bzw. der zugehörigen Meßgeräte ist zur Steuerung von chemischen oder physikalischen Prozessen geeignet, da sie eine diskontinuierliche Meßwertaufnahme in merklichen Zeitabständen und/

oder erhebliche Zeitverzögerungen zwischen Meßwertaufnahme und Meßwertverarbeitung in die absolute Feuchtigkeit eines Gases darstellende Signale bedingen.

Aus der DE-A 2 228 493 ist ein Verfahren der eingangs genannten Art zum Bestimmen des Wassergehalts in Rauchgasen bekannt. Die Laserstrahlung wird von einem Wasserdampflaser erzeugt. Die Intensitätsmessung erfolgt dabei entweder nach dem Durchstrahlungsprinzip oder unter Verwendung einer baulich aufwendigen kugelförmigen Meßkammer nach dem Reflexionsprinzip. In dem zuletzt genannten Falle kann nur die reflektierte Meßstrahlung für die Bestimmung des Wassergehalts der Rauchgasprobe berücksichtigt werden. Dieses bekannte Verfahren ermöglicht zwar eine rasche und im wesentlichen kontinuierliche Meßwertgewinnung und eignet sich deshalb für eine sogenannte on-line-Steuerung chemischer oder physikalischer Prozesse; die Meßergebnisse dieses bekannten Verfahrens sind aber von vielen, dabei unberücksichtigten Einflußgrößen abhängig und in jedem Falle relativ ungenau, so daß die Einsatzmöglichkeiten des bekannten Verfahrens beschränkt sind.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein praktisch verzögerungsfrei arbeitendes Meßverfahren mit zugehöriger Anordnung zur Bestimmung der absoluten Feuchtigkeit in Gasen, insbesondere in Erdgasen anzugeben, die mit relativ geringem baulichen und betrieblichen Aufwand eine hohe Meßgenauigkeit bei weitgehender Ausschaltung physikalischer oder chemischer Einflußgrößen gewährleisten.

Bei der Lösung dieser Aufgabe geht die Erfindung von der Erkenntnis aus, daß bei der Anwendung absorptionspektroskopischer Meßverfahren auf vor allem strömende Gase sowohl der transmittierte Anteil als auch der reflektierte Anteil der in das Gas eingestrahltene Lichtenergie für die Messung der absor-

10.04.84

9
8

3413914

bierten Energie und damit für die Bestimmung der absoluten Feuchtigkeit im untersuchten Gas zu berücksichtigen sind. Bekanntlich werden beispielsweise in einem einer Kaverne entnommenen Erdgasstrom makroskopische Schadstoffteilchen, wie Salzkörner, Glykol, Rost usw. mitgeführt, die einen relativ hohen Anteil der in den Gasstrom eingestrahlten Lichtenergie reflektieren können. Dieser reflektierte Lichtenergieanteil würde bei ausschließlicher Berücksichtigung der Transmissionsenergie bei der Messung als Absorptionsenergie bewertet, so daß das Meßergebnis verfälscht wäre.

Die Lösung der Erfindungsaufgabe besteht darin, daß zusätzlich zur Intensität der transmittierten Strahlung die Intensität der aus dem zu untersuchenden Gas reflektierten Strahlung meßtechnisch erfaßt und bei der Bestimmung der Absorption berücksichtigt wird und daß das Meßstrahlenbündel zur Abtastung eines Flächensektors quer zur Meßstrahlentransmissionsrichtung zyklisch bewegt wird und die bewegten Transmissions- und Reflexionsstrahlenbündel nach deren Austritt aus dem zu untersuchenden Gas aufgefangen und zur Bestimmung der durch Wassermoleküle absorbierten Strahlungsenergie und in Abhängigkeit davon der absoluten Feuchtigkeit ausgewertet werden.

Die Erfindung schaltet also die durch Schadstoffe in dem zu untersuchenden Gas bedingten Einflußgrößen durch Berücksichtigung sowohl der durch das Gas transmittierten als auch der aus dem Gas reflektierten Anteile der insgesamt eingestrahlten Lichtenergie aus und erhöht dadurch sowohl die Genauigkeit als auch die Zuverlässigkeit der gewonnenen Meßwerte. Auch die Bewegung des Meßstrahlenbündels trägt zur Verminderung der durch Schadstoffe hervorgerufenen Meßwertbeeinflussungen bei. Dies gilt vor allem bei strömenden Gasen, bei denen das Meßstrahlenbündel vorzugsweise mit der Strömungsgeschwindigkeit des untersuchten Gases in Strömungsrichtung bewegt wird und

einem bestimmten Volumenelement des Gases folgt. Statistische Schwankungen können dadurch kompensiert werden, zumal die genannten Schadstoffe, wie Salzkörner, Glykolteilchen, Rost usw. eine vom Gasstrom abweichende Strömungsgeschwindigkeit haben.

Vorzugsweise wird das Meßstrahlenbündel während eines Meßzyklus von einem Ende zum entgegengesetzten Ende des Abtastsektors parallel verschoben und danach sprungartig zum einen Ende zurückgestellt. Bei dieser Parallelbewegung des Meßstrahlenbündels läßt sich bei Verwendung der üblichen rotationssymmetrischen Meßkammern eine stets gleiche Durchstrahlungsweglänge dadurch gewährleisten, daß man den abgetasteten Flächensektor in die oder parallel zu der Rotationsachse legt.

Um die wasserspezifischen Spektrallinien genauer erfassen und damit die Meßgenauigkeit erhöhen zu können ist in Weiterbildung der Erfindung vorgesehen, daß das transmittierte Meßstrahlenbündel und das Referenzstrahlenbündel innerhalb des Frequenzspektrums der laseremittierten Strahlung frequenzselektiert und die Absorptionsmeßwerte für mehrere, für den Wassergehalt typische Spektrallinien in einem Rechner ausgewertet werden.

Zur Gewinnung einer Kontrollgröße für die absolute Feuchtigkeit des untersuchten Gases wird vorzugsweise die Phasenverschiebung der transmittierten Strahlungsenergie des Meßstrahlenbündels gegenüber derjenigen des Referenzstrahlenbündels laufend gemessen und daraus in einem Rechner die Ist-Dichte des untersuchten Gases bestimmt und mit einer vorgegebenen Dichte des untersuchten Gases, beispielsweise der Dichte des Gases bei einem bekannten Wert der absoluten Feuchtigkeit, verglichen. Diese Phasenverschiebung kann beispielsweise dadurch gemessen werden, daß das transmittierte Meßstrahlenbün-

del nochmals aufgespalten und mit einem Referenzstrahlenbündel zur Interferenz gebracht wird. In alternativer Verfahrensweise kann man die Phasenlagen der transmittierten Meßstrahlung und der Referenzstrahlung aber auch einzeln messen und in einem Rechner zur Bestimmung der Dichte des untersuchten Gases miteinander vergleichen. Die durch den Durchtritt der Meßstrahlung durch das untersuchte Gas bedingte Phasenverschiebung kann in bekannter Weise elektronisch durch Erzeugung von Drehfeldsignalen bestimmt werden.

Während mit praktisch allen herkömmlichen Meßverfahren die absolute Feuchtigkeit eines Gases nur bei entspanntem Zustand des Gases mit ausreichender Genauigkeit gemessen werden konnte, eignet sich die Erfindung auch zur Bestimmung der absoluten Feuchtigkeit in unter Druck stehenden Gasen. Hierbei wird der Druck und vorzugsweise auch die Temperatur des Gases gemessen. Die Druck- und Temperaturwerte werden zur Kompensation der Druckverbreiterung der wasserspezifischen Spektrallinien bei der Bestimmung der absoluten Feuchtigkeit in einem Rechner berücksichtigt. Die Druckverbreiterung ist ein Effekt, der bei der Spektralanalyse von unter Druck stehenden Gasen zu beobachten ist. Unter Druck wird die Intensität bei entsprechender Verbreiterung der Spektrallinien vermindert.

Bei der bevorzugten Anwendung der Erfindung zur Bestimmung der absoluten Feuchtigkeit von Erdgas wird vorzugsweise ein gepulster Laser mit einem Emissionsspektralbereich von 2,63 bis 2,7 μm verwendet, wodurch den charakteristischen Spektrallinien der nicht vernachlässigbaren Anteile von Methan und CO_2 weitgehend ausgewichen wird.

Die erfindungsgemäße Anordnung zur Bestimmung der absoluten Feuchtigkeit von Gasen ist dadurch gekennzeichnet, daß im Strahlengang des Meßstrahlenbündels zwischen dem das Meßstrah-

12
8

lenbündel und das Referenzstrahlenbündel abspaltenden Strahlenteiler und der Meßkammer eine Scannereinrichtung angeordnet ist, die das Meßstrahlenbündel quer zum Meßstrahlengang derart ablenkt, daß es einen vorgegebenen Flächensektor der Meßkammer periodisch abtastet und daß der Strahlengang der aus der Meßkammer reflektierten Strahlung über die Scannereinrichtung zurückgeführt und auf einen weiteren, die Intensität der reflektierten Strahlung erfassenden Detektor gerichtet ist, der mit dem Rechner verbunden ist. Diese Scannereinrichtung ist dabei vorzugsweise so ausgebildet, daß sie das Meßstrahlenbündel innerhalb des Flächensektors parallel verschiebt.

Im folgenden wird die Erfindung anhand eines in der einzigen Figur schematisch dargestellten Ausführungsbeispiels einer Anordnung zur Messung der absoluten Feuchtigkeit von unter Druck stehendem strömenden Erdgas näher erläutert.

Ein Farbzentren-Laser 1 erzeugt ein Lichtstrahlenbündel, innerhalb eines Wellenlängenbereichs von 2,63 bis 2,7 μm , in welchem die charakteristischen Spektrallinien von Wasser liegen, so daß diese Lichtenergie von Wasser besonders stark absorbiert wird. Das vom Laser 1 emittierte Licht wird durch einen Strahlenteiler 16 in ein Meßstrahlenbündel 20 und ein Referenzstrahlenbündel 21 aufgespalten. Das Meßstrahlenbündel tritt in einen Scanner 2, in welchem es periodisch derart abgelenkt wird, daß das aus dem Scanner 2 austretende Strahlenbündel innerhalb eines vorgegebenen Abtastsektors verschoben wird. Zu diesem Zweck weist der Scanner 2 einen im Strahlengang des eintretenden Meßstrahlenbündels liegenden Mehrflächen-Drehspiegel 26 und einen feststehenden, zum Drehspiegel hin geöffneten Hohl- bzw. Parabolspiegel 25 auf. Die Spiegel 25 und 26 liegen zum Meßstrahlenbündel 20 leicht geneigt, so daß die vom Spiegel 25 reflektierte Strahlung, in Richtung auf das zu untersuchende Gas, über den Mehrflächen-Drehspiegel 26

hinweg verläuft. Die Einfallstelle des Meßstrahlenbündels auf dem Mehrflächen-Drehspiegel 26 liegt im Brennpunkt des Parabolspiegels 25, so daß das auf letzteren geworfene Meßstrahlenbündel 20 in allen Drehstellungen des Mehrflächen-Drehspiegels 26 parallel von dem Parabolspiegel 25 reflektiert wird. Das Meßstrahlenbündel wird daher aufgrund des Umlaufs des Drehspiegels 26 innerhalb eines durch die durchgezogene Linie 20 und die strichpunktierte Linie 20' begrenzten Abtastsektors auf ein Rohr 15 geworfen, das von dem zu untersuchenden Erdgas durchströmt wird. Das Rohr 15 ist in dem vom bewegten Meßstrahlenbündel überstrichenen Bereich mit geeigneten Fenstern 15' versehen, die aus einem die Meßstrahlung nicht absorbierenden Material bestehen. Die Bewegung des Meßstrahlenbündels im Abtastbereich wird nach Maßgabe des von einem Steuergerät 4 in Abhängigkeit von einem Durchflußmeßgerät 5 entwickelten Steuersignals derart gesteuert, daß die Abtastgeschwindigkeit, mit der das Meßstrahlenbündel 20 im Abtastsektor 20, 20' bewegt wird, gleich der Strömungsgeschwindigkeit des untersuchten Gases ist. Auf diese Weise wird ein bestimmtes Volumenelement des Gases, das durch die für den Meßstrahl durchlässige rohrförmige Meßstrecke 15 fließt, für eine bestimmte Zeit von dem Meßstrahlenbündel unter senkrechter Inzidenz begleitet.

Der von beispielsweise makroskopischen Fremdkörpern reflektierte Anteil der Energie des Meßstrahlenbündels 20 wird über den Scanner 2 auf die Rückseite des Strahlenteilers 16 geworfen. Diese Rückseite ist durch geeignete Vergütung total reflektierend, so daß der Reflexionsstrahlengang auf einen Photodetektor 9 umgelenkt wird. Die Intensität der reflektierten Strahlung wird in diesem Detektor 9 erfaßt und über einen Rechner bei der Endauswertung berücksichtigt. Der transmittierte Anteil des Meßstrahlenbündels wird über eine als Ganzes mit 3 bezeichnete Übertragungsvorrichtung und ein als Frequenzselektionsvorrichtung wirkendes zirkularvariables Filter

24' einem die Intensität der transmittierten Strahlung erfassenden Detektor 10 zugeführt. Die Übertragungsvorrichtung 3 weist bei dem beschriebenen Ausführungsbeispiel zwei stationäre Hohl- bzw. Parabolspiegel mit einer den Spiegeln 25, 26 entsprechenden Neigung zum Meßstrahlenbündel 20 auf, von denen der den transmittierten Strahlungsfächer auffangende Parabolspiegel 27 eine größere Breite und Brennweite hat als der zweite Parabolspiegel 28. Die beiden Parabolspiegel sind so angeordnet, daß ihre Brennpunkte in einem Punkt zusammenfallen. Die von dem kleineren Parabolspiegel 28 reflektierten und auf den Detektor 10 gerichteten Strahlen des zyklisch bewegten Strahlenfächers verlaufen daher parallel. Sie werden durch nicht gezeigte optische Elemente gebündelt und auf einen Strahlenteiler 18 gelenkt. Durch den zwischen der Übertragungsvorrichtung 3 und der Frequenzselektionsvorrichtung 24' im Strahlengang der Meßstrahlung angeordneten Strahlenteiler 18 wird ein bestimmter Anteil der transmittierten Lichtenergie auf einen teildurchlässigen Spiegel 19 gerichtet. Ein Referenzstrahlenbündel 22, das von einem Strahlenteiler 17 aus dem Referenzstrahlenbündel 21 abgeteilt ist, wird über den teildurchlässigen Spiegel 19 ebenso wie der am Strahlenteiler 18 abgespaltene Anteil der transmittierten Lichtenergie einem Detektor 11 zugeführt. Durch Interferenz mit dem Referenzstrahlenbündel 22 wird die Phasenverschiebung der durch die Meßstrecke 15 transmittierten Lichtenergie bestimmt und im Rechner 7 die Ist-Dichte des untersuchten Gases bestimmt, um einen Kontrollwert für die absolute Feuchtigkeit zu gewinnen.

Durch Vergleich der vom Detektor 10 erfaßten Lichtenergie, die durch Absorption der Wassermoleküle in der Meßstrecke verringert ist, mit der in einem Detektor 12 erfaßten Lichtenergie eines aus dem Referenzstrahl 21 abgeleiteten Referenzstrahles 23 ergibt sich unter Berücksichtigung der im Detektor 9 gewonnenen reflektierten Lichtenergie ein Maß für die Konzentration

13.04.84

15 -
8

3413914

der Wassermoleküle und damit für die absolute Feuchtigkeit des untersuchten Gases. Dem Detektor 12 ist ebenfalls ein als Frequenzselektionsvorrichtung wirkendes zirkularvariables Filter 24 zugeordnet, das mit dem Filter 24' gegebenenfalls synchron dreht. Eine asynchrone Drehung der Filter 24 und 24' kann durch den Rechner berücksichtigt werden. Bei dem erhöhten Druck des untersuchten Gases sind Meßwerte für Druck - Meßgerät 13 - und Temperatur - Meßgerät 14 - erforderlich, die über Analog/Digital-Wandler dem Rechner 7 direkt übermittelt werden.

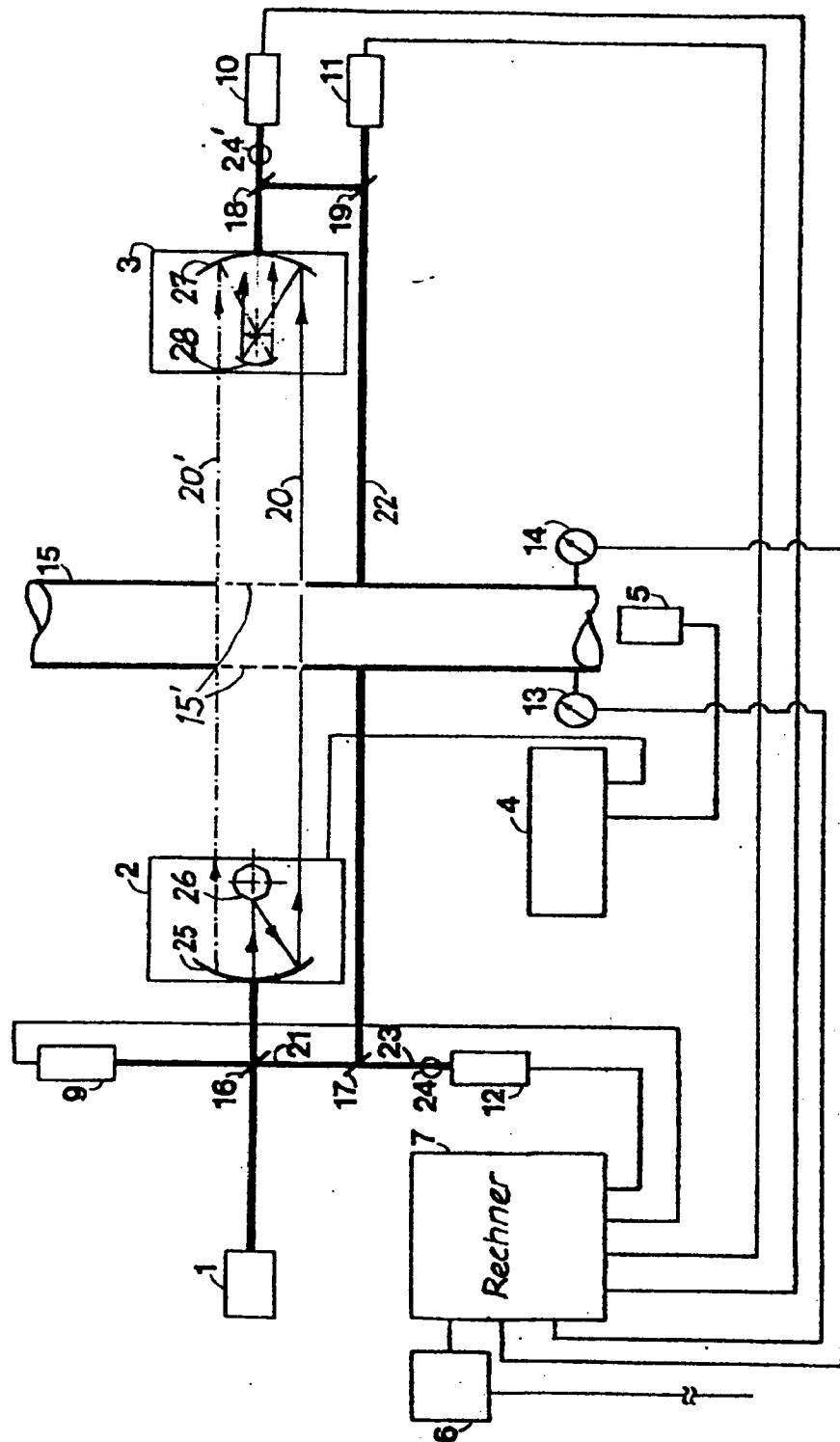
Nach Aufbereitung der Meßsignale durch den Rechner 7 werden die absolute Feuchtigkeit sowie der entsprechende Taupunkt in einem Auswertegerät 6 digital angezeigt bzw. registriert. Die ermittelten Werte können direkt zur Prozeßsteuerung beispielsweise bei der Trocknung von Kavernen entnommenem Erdgas benutzt werden.

Unter den vorstehend gebrauchten Begriff "Gas" fallen auch Gasgemische, einschließlich solcher, in denen Fremdstoffe, wie makroskopische Feststoffteilchen oder Flüssigkeitsmoleküle mitgeführt werden.

- 16 -
- Leerseite -

-17-

Fig. 1



Copied from 10699723 on 01/04/2006